



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 15 449.2

Anmeldetag: 29. März 2000

Anmelder/Inhaber: Leica Microsystems Heidelberg GmbH,
Heidelberg, Neckar/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Justierung des optischen Strahlen-
gangs eines Mikroskops und ein Mikroskop-Aufbau

IPC: G 02 B 21/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 20. November 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Waasmaier

4211/P/042

Heidelberg, 29. März 2000/kb:

Patentanmeldung

der Firma

Leica Microsystems Heidelberg GmbH
Im Neuenheimer Feld 518

69120 Heidelberg

betreffend ein

**"Verfahren zur Justierung des optischen Strahlengangs eines
Mikroskops und einen Mikroskop-Aufbau"**

Repräsentanz Spanien
E – 03720 Benissa, Alicante
C/ Andalucia, M(2) – 56

Luisenstraße 14
D-69115 Heidelberg
Telefon +49 62 21/60 43-0
Telefax +49 62 21/60 43-60
e-mail: un@hd-patent.de

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Justierung des optischen Strahlengangs eines Mikroskops, insbesondere eines konfokalen Mikroskops, mit einer Lichtquelle, einer Mikroskopoptik, einer Detektionsblende und einer Detektionseinrichtung.

Des weiteren betrifft die vorliegende Erfindung einen Mikroskop-Aufbau, insbesondere konfokales Mikroskop, mit einer Lichtquelle, einer Mikroskopoptik, einer Detektionsblende und einer Detektionseinrichtung.

Verfahren zur Justierung des optischen Strahlengangs eines Mikroskops sowie entsprechende Mikroskop-Aufbauten sind aus der Praxis bekannt und existieren in den unterschiedlichsten Ausführungsformen. Derartige Verfahren und Mikroskop-Aufbauten finden beispielsweise in der Konfokalmikroskopie ihre Anwendung. In der Konfokalmikroskopie wird eine Probe mit einem fokussierten Lichtstrahl, der durch die Lichtquelle erzeugt wird, abgerastert. Ein konfokales Rastermikroskop umfaßt im allgemeinen des weiteren einen Strahlteiler, eine Scanvorrichtung zur Strahlsteuerung, eine Mikroskopoptik, eine Detektionsblende und eine Detektionseinrichtung mit Detektoren zum Nachweis des Detektions- und Fluoreszenzlichts. Falls man mehrere spektral verschiedene Fluoreszenzen beobachten möchte, die beispielsweise mit einem Mehrlinienlaser angeregt wurden, so muß man häufig den Detektionslichtstrahl nach dem Durchtritt durch die Detektionsblende spektral auffächern und mehrere Detektoren verwenden, die entsprechend auf die aufgefächerten Teillichtstrahlen zu justieren sind.

Wie bei jedem optischen Justiervorgang muß man Referenzorte festlegen, auf die sich alle Justiervorgänge beziehen. Hierzu wird meistens eine Beleuchtungsblende als „optische Masse“ verwendet. Alle folgenden Elemente sowie die Lichtquelle sind dann relativ zu diesem fest montierten Element zu justieren.

Die Beleuchtungsblende befindet sich fast am Anfang des gesamten Strahlengangs. Die optischen Elemente, die in ihrer unmittelbaren Nähe angeordnet sind – beispielsweise die Lichtquelle oder Lichtquellen –, lassen sich in Bezug auf die

durch die Blende festgelegte optische Achse leichter justieren als beispielsweise die Detektoren, die am Ende des Strahlengangs liegen. Dies erklärt sich dadurch, daß sich auf die Justierung der Detektoren die Justierung sämtlicher zwischen Beleuchtungsblende und den Detektoren liegender Bauelemente auswirkt. Man muß sich quasi auf die bereits erfolgte Justierung aller zwischen Beleuchtungsblende und den Detektoren liegender Bauelemente verlassen. Hinzu kommt noch, daß die Einrichtung mehrerer Detektoren bezüglich mehrerer Teillichtstrahlen, die durch spektrale Auffächerung aus einem Lichtstrahl entstanden und in unterschiedliche Raumrichtungen reflektiert werden müssen oder aufwendige Filteranordnungen durchlaufen müssen, ohnehin sehr schwierig und aufwendig ist.

Bei dem bekannten Verfahren und dem bekannten Mikroskop-Aufbau ist des weiteren problematisch, daß bei jeder Nachjustierung eines optischen Bauteils – beispielsweise des Strahlteilers – alle nachfolgenden Elemente ebenfalls nachjustieren sind. Dies betrifft insbesondere die schwierig zu justierenden Detektoren und spektralen Auffächerungsanordnungen, die folglich immer Gegenstand eines Justiervorgangs sind. Dies führt letztendlich zu erheblichen Service- und Wartungskosten.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Justierung des optischen Strahlengangs eines Mikroskops der eingangs genannten Art sowie einen entsprechenden Mikroskop-Aufbau anzugeben, wonach ein vereinfachtes Justieren mit reduzierten Service- und Wartungskosten mit konstruktiv einfachen Mitteln erreicht ist.

Erfindungsgemäß wird die obige Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Danach ist ein Verfahren zur Justierung des optischen Strahlengangs eines Mikroskops der eingangs genannten Art derart ausgestaltet, daß die Detektionsblende als optische Referenz verwendet wird.

In erfindungsgemäßer Weise ist zunächst erkannt worden, daß die aufwendig zu justierenden Detektionselemente viel einfacher justierbar sind, wenn auf die sich

in unmittelbarer Nähe befindliche Detektionsblende Bezug genommen wird. Insbesondere wird das Justieren der Detektionselemente der Detektionseinrichtung in Bezug auf die von der Detektionsblende festgelegte optische Achse erheblich präziser. Des weiteren wird die Detektionseinrichtung durch die Detektionsblende quasi von den übrigen Elementen optisch isoliert. Dies hat zur Folge, daß in der Regel eine Nachjustierung nur für die durch erforderliche mechanische Bewegungen viel mehr belasteten mikroskop- und beleuchtungsseitigen Elemente nötig ist. Mit andere Worten ist die Detektionseinrichtung durch die Wahl der Detektionsblende als optische Referenz von zahlreichen Justiervorgängen abgekoppelt.

Die obige Aufgabe ist des weiteren durch einen Mikroskop-Aufbau der eingangs genannten Art gelöst, bei dem die Detektionsblende als optische Referenz verwendbar ist.

Insgesamt ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und dem erfindungsgemäßen Mikroskop-Aufbau ein vereinfachtes Justieren mit reduzierten Service- und Wartungskosten mit konstruktiv einfachen Mitteln erreicht.

In einer konkreten Ausführung könnte die Lichtquelle eine Punktlichtquelle sein. Hierbei ist insbesondere an eine beleuchtete Lochblende – die sogenannte Beleuchtungsblende – gedacht.

In einer weiter vorteilhaften Ausgestaltung könnte die Lichtquelle ein Laserresonator sein. Unter den Begriff Lichtquelle können jegliche Lampen, Laser, Glasfaserenden usw. fallen. Hierdurch ist insbesondere ein konfokales Laser-Scanning-Mikroskop realisierbar.

Als Punktlichtquelle könnte in weiter einfacher Weise der Fokus des Resonatorlichtbündels des Laserresonators im Laserresonator verwendet werden. Hierdurch ist eine laserinterne Punktlichtquelle realisiert. Ein derartiger Fokus ist in jedem optisch stabilen Laserresonator vorhanden und kann somit als „virtuelle“ Punktlichtquelle verwendet werden. Hierdurch wird der Einsatz einer Beleuch-

tungsblende überflüssig. Der Laserresonator ist dann als das am weitesten von der optischen Referenz entfernte Element leichter zu justieren als bei Verwendung einer Beleuchtungsblende als Referenz.

Alternativ zu einem laserinternen Fokus könnte die Punktlichtquelle durch einen laserexternen Fokus gebildet werden. Hierbei wird der laserexterne Fokus durch Fokussieren des Beleuchtungslichts mit einer Linse oder einem Hohlspiegel außerhalb des Lasers erzeugt.

In besonders vorteilhafter Weise könnte der gesamte Strahlengang an zwei Referenzpunkten oder in zwei Ebenen festgelegt werden. Hierbei könnten sich die Referenzpunkte in zueinander konjugierten Ebenen befinden. Des weiteren könnten die Ebenen Fourierebenen sein.

Dabei ist nicht nur der Durchgang des Strahlengangs durch die Referenzpunkte gewährleistet, sondern liegt auch der Strahlengang selbst eindeutig fest.

In der Praxis hat sich gezeigt, daß sich als feste Referenzpunkte besonders die Detektionsblende und die Objektivpupille eignen. Sind diese einmal hinreichend genau einjustiert, so läßt sich jede Nachjustierung nach außen auf eine Justierung des Beleuchtungssystems verlagern. Alle übrigen optischen Elemente können bezüglich dieser Referenzpunkte justiert werden. Auch nach dem Austausch eines mikroskopinternen Bauteils läßt sich mit den angegebenen Referenzen schnell und unkompliziert eine Rejustierung erzielen. Dabei wird die Justierung der Detektorelemente der Detektionseinrichtung durch die räumliche Nähe zur Detektionsblende als optische Referenz vereinfacht. Diese Detektorelemente sind bezüglich Dejustierungen optischer Bauteile durch die Detektorblende vom übrigen System „isoliert“. Ein Nachjustieren der Detektorelemente, das durch eine Dejustierung anderer Elemente hervorgerufen wird, läßt sich vermeiden.

Bei dem Verfahren zur Justierung des optischen Strahlengangs könnte es sich um ein iteratives Justierverfahren handeln. Dabei könnte nur die Justierung des Lasers erforderlich sein. Insgesamt konvergiert das Verfahren nach wenigen Zy-

klein. Zur Justierung könnten zwei Justiervorgänge alternativ oder kombiniert eingesetzt werden.

Zum einen könnte die Punktlichtquelle zur Justierung lateral verschoben werden. Hierdurch wird eine Verschiebung des Fokus auf der Detektionsblende erreicht. Dabei könnte die Ebene, in der die Punktlichtquelle liegt, eine zur Ebene der Detektionsblende korrespondierende Ebene sein. Mit Hilfe einer X-Y-Verschiebeeinrichtung könnte die Punktlichtquelle einjustiert werden, bis der Fokus des Detektionslichts genau das Detektionsspinhole bzw. die Detektionsblende trifft.

Bei Verwendung einer Beleuchtungsblende könnte die laterale Verschiebung der Punktlichtquelle durch eine laterale Verschiebung der Beleuchtungsblende erfolgen. Bei Verwendung eines laserinternen Fokus als Punktlichtquelle ist zur Justierung eine Lateralverschiebung des Lasers nötig. Bei Verwendung eines laserexternen Fokus könnte der Beleuchtungslichtstrahl durch laterale Verschiebung des Lasers samt fokussierender Linse lateral verschoben werden. Des weiteren könnte bei einem laserexternen Fokus der Beleuchtungslichtstrahl durch Drehen des Lasers um die Pupille der fokussierenden Linse lateral verschoben werden. Mit anderen Worten wird bei Verwendung eines laserexternen Fokus als Punktlichtquelle eine Lateralverschiebung durch Drehen des Laser- ausgangslightstrahls um die Pupille der den Punktlichtquellenfokus erzeugenden Linse ermöglicht.

Als Optimierungsmeßgröße bei der Justierung könnte in besonders einfacher Weise die von der Detektionseinrichtung hinter der Detektionsblende gemessene Lichtleistung verwendet werden.

Als weiterer Justiervorgang könnte zum anderen der Beleuchtungslichtstrahl um den Ort der Punktlichtquelle gedreht oder verkippt werden. Mit einer derartigen Drehung des Beleuchtungsstrahlengangs um den Ort der Punktlichtquelle erreicht man eine Strahlverschiebung am Ort der Eintrittspupille des Objektivs, da die Pupille in einer zur Punktlichtquelle konjugierten Fourierebene liegt. Im konkreten könnte der Beleuchtungslichtstrahl um eine vorgesehen Beleuchtungs-

blende gedreht oder verkippt werden. Eine solche Drehung ist durch Verschieben des parallelen Laserausgangslichtstrahls senkrecht zur Hauptebene der das Pinhole beleuchtenden Linse möglich. Verwendet man den laserinternen Fokus als Punktlichtquelle, so ist zur Justierung des Strahlengangs bezüglich der Pupille des Mikroskopobjektivs der Laser um seinen internen Fokus zu drehen.

Bei einem laserexternen Fokus könnte der Beleuchtungslichtstrahl durch Drehen des Lasers samt fokussierender Linse um den Fokus gedreht werden. Alternativ hierzu könnte, wie bereits oben erwähnt, bei einem laserexternen Fokus der Beleuchtungslichtstrahl durch Verschieben des Lasers parallel zur Hauptebene der fokussierenden Linse um den Fokus gedreht werden.

Insgesamt kann der laserexterne Fokus, der anstelle einer Beleuchtungsblende als „virtuelle“ Punktlichtquelle dient, bezüglich des Strahlengangs justiert werden.

Die Justierung eines laserinternen Fokus könnte durch räumliches Justieren des Lasers erfolgen.

Ob die Pupille zentrisch ausgeleuchtet wird, läßt sich durch Leistungsmessung nach dem Mikroskopobjektiv leicht verifizieren.

Bei einem besonders bevorzugten Justierverfahren könnte das laterale Verschieben der Punktlichtquelle und das Drehen oder Verkippen des Beleuchtungslichtstrahls um den Ort der Punktlichtquelle abwechselnd erfolgen.

Hinsichtlich der Vorteile eines erfindungsgemäß ausgestalteten Mikroskop-Aufbaus wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf die im Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens beschriebenen konstruktiven und vorteilhaften Ausgestaltungen verwiesen.

In besonders vorteilhafter Weise könnten die Detektionseinrichtung und die Detektionsblende als ein vorzugsweise austauschbares Gesamtmodul ausgeführt sein. Bei der Anordnung einer Einrichtung zur spektralen Auffächerung des zu

detektierenden Lichtstrahls könnten des weiteren die Detektionseinrichtung, die Einrichtung zur spektralen Auffächerung des zu detektierenden Lichtstrahls und die Detektionsblende als ein vorzugsweise austauschbares Gesamtmodul ausgebildet sein.

Insgesamt ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren und dem erfindungsgemäßen Mikroskop-Aufbau ein Verfahren zur verbesserten Justierung und eine Anordnung zur praktikableren, stabileren und besser rejustierbaren Einstellung des optischen Strahlengangs eines vorzugsweise konfokalen Mikroskops bereitgestellt.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die nachgeordneten Ansprüche, andererseits auf die nachfolgende Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Zeichnung zu verweisen. In Verbindung mit der Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Zeichnung werden auch im allgemeinen bevorzugte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Lehre erläutert. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung den Zustand optimaler Justierung eines Mikroskop-Aufbaus,

Fig. 2 in einer schematischen Darstellung den Einfluß einer lateralen Verschiebung der Punktlichtquelle, wobei man eine Verkipfung des Strahlengangs um die Objektivpupille und eine Verschiebung des Strahlengangs senkrecht zur Ebene des Detektionsspinholes erkennt,

Fig. 3 in einer schematischen Darstellung den Einfluß einer Drehung des Beleuchtungslichtstrahls um den Ort der Punktlichtquelle, wobei hier als Punktlichtquelle eine Beleuchtungsblende verwendet wird und man eine Verschiebung des Strahlengangs am Ort der Objektivpupille erkennt,

- Fig. 4 in einer schematischen Darstellung eine Ausgestaltungsform einer justierbaren Punktlichtquelle bei laserexternem Fokus,
- Fig. 5 eine weitere Ausgestaltungsform einer justierbaren Punktlichtquelle bei laserexternem Fokus,
- Fig. 6 eine Ausgestaltungsform einer justierbaren Punktlichtquelle bei laserinternem Fokus und
- Fig. 7 eine weitere Ausgestaltungsform einer justierbaren Punktlichtquelle bei laserinternem Fokus.

Die Fig. 1 bis 3 zeigen jeweils den Strahlengang eines Konfokalmikroskop-Aufbaus. Der Aufbau weist eine Lichtquelle 1 auf, die ein Laserresonator ist. Das Beleuchtungslicht der Lichtquelle 1 wird mittels einer Linse 2 auf eine Beleuchtungsblende 3 fokussiert. Ein Strahlteiler 4 reflektiert das Beleuchtungslicht auf eine Linse 5 und einen Scanspiegel 6. Der Scanspiegel 6 ermöglicht das Führen des Lichtstrahls in X-Y-Richtung.

Nach dem Scanspiegel 6 verläuft der Strahlengang durch zwei weitere Linsen 7 und 8, wobei nach der Linse 8 die Pupille 9 des Objektivs 10 gebildet ist. Nach dem Objektiv 10 ist eine Probe 11 angeordnet, über die der Beleuchtungsstrahl mittels des Scanspiegels 6 gerastert wird.

Von der Probe reflektiertes Licht und/oder Fluoreszenzlicht wird mittels des Strahlteilers 4 auf eine Detektionsblende 12 geleitet. Hinter der Detektionsblende 12 ist die Detektionseinrichtung 13 mit einem Detektor vorgesehen. Mit anderen Worten wird der von der Lichtquelle 1 erzeugte Beleuchtungslichtstrahl 14 zur Probe 11 und wieder zurück zum Strahlteiler 4 und dann weiter zur Detektionseinrichtung 13 geleitet.

Fig. 1 zeigt den Zustand optimaler Justierung. Fig. 2 zeigt den Einfluß einer lateralen Verschiebung der Lichtquelle 1, wobei man eine Verkippung des Strahlen-

gangs um die Objektivpupille 9 und eine Verschiebung des Strahlengangs senkrecht zur Ebene der Detektionsblende 12 erkennt. Fig. 3 zeigt den Einfluß einer Drehung des Beleuchtungslichtstrahls 14 um den Ort der Punktlichtquelle bzw. der Beleuchtungsblende 3. Dabei erkennt man eine Verschiebung des Strahlengangs am Ort der Objektivpupille 9.

Fig. 4 zeigt eine Ausgestaltungsform einer justierbaren Lichtquelle 1 bei laserexternem Fokus 18. Durch Verschieben der Lichtquelle 1 parallel zur Hauptebene der fokussierenden Linse 2 wird der Beleuchtungslichtstrahl 14 um den Fokus 18 gedreht.





Fig. 5 zeigt eine weitere Ausgestaltungsform einer justierbaren Lichtquelle 1 bei laserexternem Fokus 18. Dabei bezeichnet die Ziffer 17 die Pupille der Linse 2. Durch Drehen der Lichtquelle 1 um die Pupille 17 der fokussierenden Linse 2 wird der Beleuchtungslichtstrahl 14 lateral verschoben.

Fig. 6 zeigt eine Ausgestaltungsform einer justierbaren Punktlichtquelle bei laserinternem Fokus 19. Die Ziffer 15 bezeichnet einen planen Laserresonator-Endspiegel. Die Ziffer 16 bezeichnet einen gekrümmten Laserresonator-Endspiegel. Fig. 7 zeigt eine weitere Ausgestaltungsform einer justierbaren Punktlichtquelle bei laserinternem Fokus 19. Die Justierung des Beleuchtungslichtstrahls erfolgt bei dem laserinternen Fokus 19 gemäß den in den Fig. 6 und 7 gezeigten Ausführungsbeispielen durch räumliches Justieren des Lasers.



Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen Mikroskop-Aufbaus wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf den allgemeinen Teil der Beschreibung sowie auf die beigefügten Patentansprüche verwiesen.

Schließlich sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß das voranstehend erörterte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. des erfindungsgemäßen Mikroskop-Aufbaus lediglich zur Erörterung der beanspruchten Lehre dient, diese jedoch nicht auf das Ausführungsbeispiel einschränkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Justierung des optischen Strahlengangs eines Mikroskops, insbesondere eines konfokalen Mikroskops, mit einer Lichtquelle (1), einer Mikroskopoptik, einer Detektionsblende (12) und einer Detektionseinrichtung (13), dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsblende (12) als optische Referenz verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (1) eine Punktlichtquelle ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (1) ein Laserresonator ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Fokus des Resonatorlichtbündels des Laserresonators im Laserresonator als laserinterne Punktlichtquelle (19) verwendet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Punktlichtquelle durch einen laserexternen Fokus (18) gebildet wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß der laserexterne Fokus (18) durch Fokussieren des Beleuchtungslichts mit einer Linse (2) oder einem Hohlspiegel erzeugt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Punktlichtquelle durch eine Beleuchtungsblende (3) erzeugt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der gesamte Strahlengang an zwei Referenzpunkten oder in zwei Ebenen festgelegt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Referenzpunkte in zueinander konjugierten Ebenen befinden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebenen Fourierebenen sind.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß neben der Detektionsblende (12) die Objektivpupille (9) als Referenzpunkt verwendet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß alle optischen Elemente bezüglich der Referenzpunkte oder Ebenen justiert werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren ein iteratives Justierverfahren ist.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß zur Justierung die Punktlichtquelle lateral verschoben wird.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebene, in der die Punktlichtquelle liegt, eine zur Ebene der Detektionsblende (12) korrespondierende Ebene ist.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß die laterale Verschiebung der Punktlichtquelle durch eine laterale Verschiebung der Beleuchtungsblende (3) erfolgt.

17. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem laserexternen Fokus (18) der Beleuchtungslichtstrahl durch laterale Verschiebung des Lasers samt fokussierender Linse lateral verschoben wird.

18. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15 oder 17, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem laserexternen Fokus (18) der Beleuchtungslichtstrahl durch Drehen des Lasers um die Pupille der fokussierenden Linse lateral verschoben wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß als Optimierungsmeßgröße die von der Detektionseinrichtung (13) hinter der Detektionsblende (12) gemessene Lichtleistung verwendet wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß zur Justierung der Beleuchtungslichtstrahl um den Ort der Punktlichtquelle gedreht oder verkippt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Beleuchtungslichtstrahl um die Beleuchtungsblende (3) gedreht oder verkippt wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem laserexternen Fokus (18) der Beleuchtungslichtstrahl durch Drehen des Lasers samt fokussierender Linse (2) um den Fokus gedreht wird.

23. Verfahren nach Anspruch 20 oder 22, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem laserexternen Fokus (18) der Beleuchtungslichtstrahl durch Verschieben des Lasers parallel zur Hauptebene der fokussierenden Linse (2) um den Fokus gedreht wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß eine Justierung eines laserinternen Fokus (19) durch räumliches Justieren des Lasers erfolgt.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß das laterale Verschieben der Punktlichtquelle und das Drehen oder Verkippen des Beleuchtungslichtstrahls um den Ort der Punktlichtquelle abwechselnd erfolgen.

26. Mikroskop-Aufbau, insbesondere konfokales Mikroskop und insbesondere für ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 25, mit einer Lichtquelle (1), einer Mikroskopoptik, einer Detektionsblende (12) und einer Detektionseinrichtung (13),

dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsblende (12) als optische Referenz verwendbar ist.

27. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (1) eine Punktlichtquelle ist.

28. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 26 oder 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (1) ein Laserresonator ist.

29. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Fokus des Resonatorlichtbündels des Laserresonators im Laserresonator als laserinterne Punktlichtquelle (19) dient.

30. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Punktlichtquelle durch einen laserexternen Fokus (18) gebildet ist.

31. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß der laserexterne Fokus (18) durch Fokussieren des Beleuchtungslichts mit einer Linse (2) oder einem Hohlspiegel erzeugt ist.

32. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß die Punktlichtquelle durch eine Beleuchtungsblende (3) erzeugt ist.

33. Mikroskop-Aufbau nach einem der Ansprüche 26 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß der gesamte Strahlengang an zwei Referenzpunkten oder in zwei Ebenen festgelegt ist.

34. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Referenzpunkte in zueinander konjugierten Ebenen befinden.

35. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 33 oder 34, dadurch gekennzeichnet, daß die Ebenen Fourierebenen sind.
36. Mikroskop-Aufbau nach einem der Ansprüche 26 bis 35, dadurch gekennzeichnet, daß neben der Detektionsblende (12) die Objektivpupille (9) als Referenzpunkt dient.
37. Mikroskop-Aufbau nach einem der Ansprüche 26 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß alle optischen Elemente bezüglich der Referenzpunkte oder Ebenen justierbar sind.
38. Mikroskop-Aufbau nach einem der Ansprüche 27 bis 37, dadurch gekennzeichnet, daß zur Justierung die Punktlichtquelle lateral verschiebbar ist.
39. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die laterale Verschiebung der Punktlichtquelle durch eine laterale Verschiebung der Beleuchtungsblende (3) realisierbar ist.
40. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem laserexternen Fokus (18) der Beleuchtungslichtstrahl durch laterale Verschiebung des Lasers samt fokussierender Linse lateral verschiebbar ist.
41. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 38 oder 40, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem laserexternen Fokus (18) der Beleuchtungslichtstrahl durch Drehen des Lasers um die Pupille der fokussierenden Linse lateral verschiebbar ist.
42. Mikroskop-Aufbau nach einem der Ansprüche 27 bis 41, dadurch gekennzeichnet, daß zur Justierung der Beleuchtungslichtstrahl um den Ort der Punktlichtquelle drehbar oder verkippter ist.
43. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß der Beleuchtungslichtstrahl um die Beleuchtungsblende (3) drehbar oder verkippter ist.

44. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem laserexternen Fokus (18) der Beleuchtungslichtstrahl durch Drehen des Lasers samt fokussierender Linse (2) um den Fokus drehbar ist.

45. Mikroskop-Aufbau nach Anspruch 42 oder 44, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem laserexternen Fokus (18) der Beleuchtungslichtstrahl durch Verschieben des Lasers parallel zur Hauptebene der fokussierenden Linse (2) um den Fokus drehbar ist.

46. Mikroskop-Aufbau nach einem der Ansprüche 28 bis 42, dadurch gekennzeichnet, daß eine Justierung eines laserinternen Fokus (19) durch räumliches Justieren des Lasers realisierbar ist.

47. Mikroskop-Aufbau nach einem der Ansprüche 26 bis 46, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionseinrichtung und die Detektionsblende als ein vorzugsweise austauschbares Gesamtmodul ausgebildet sind.

48. Mikroskop-Aufbau nach einem der Ansprüche 26 bis 46, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionseinrichtung, eine Einrichtung zur spektralen Auffächerung des zu detektierenden Lichtstrahls und die Detektionsblende als ein vorzugsweise austauschbares Gesamtmodul ausgebildet sind.

Fig. 1:

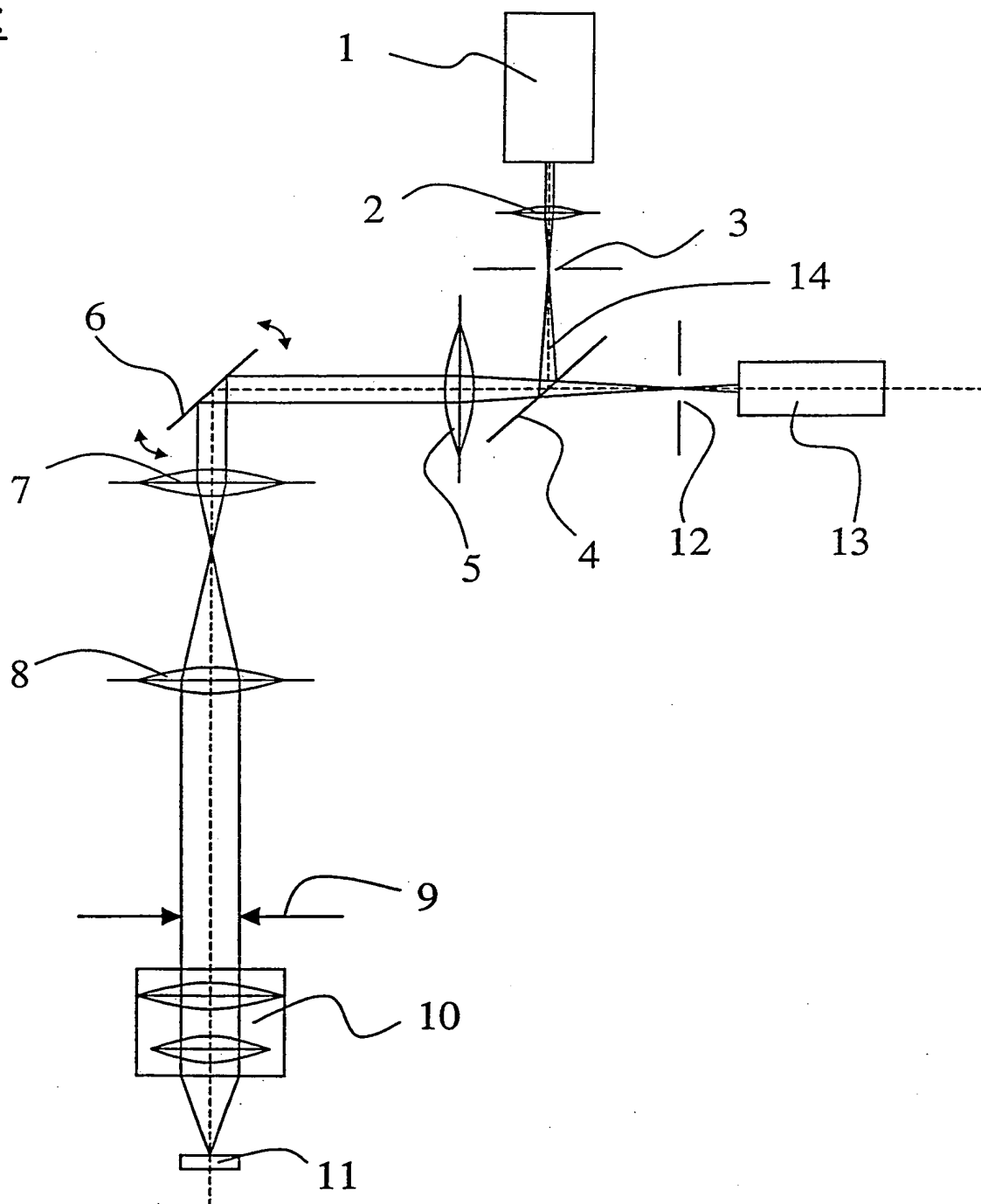


Fig. 2:

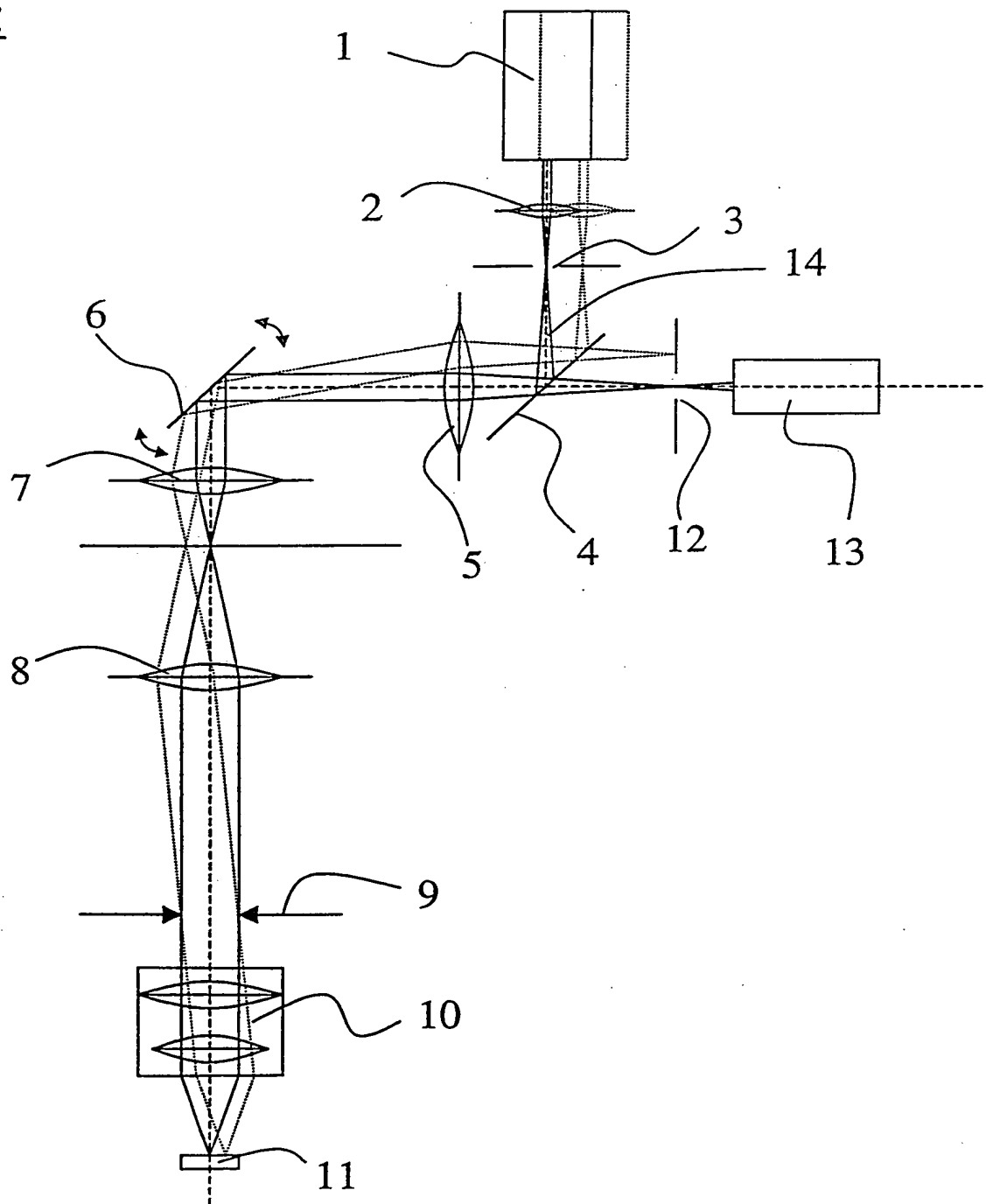


Fig. 3:

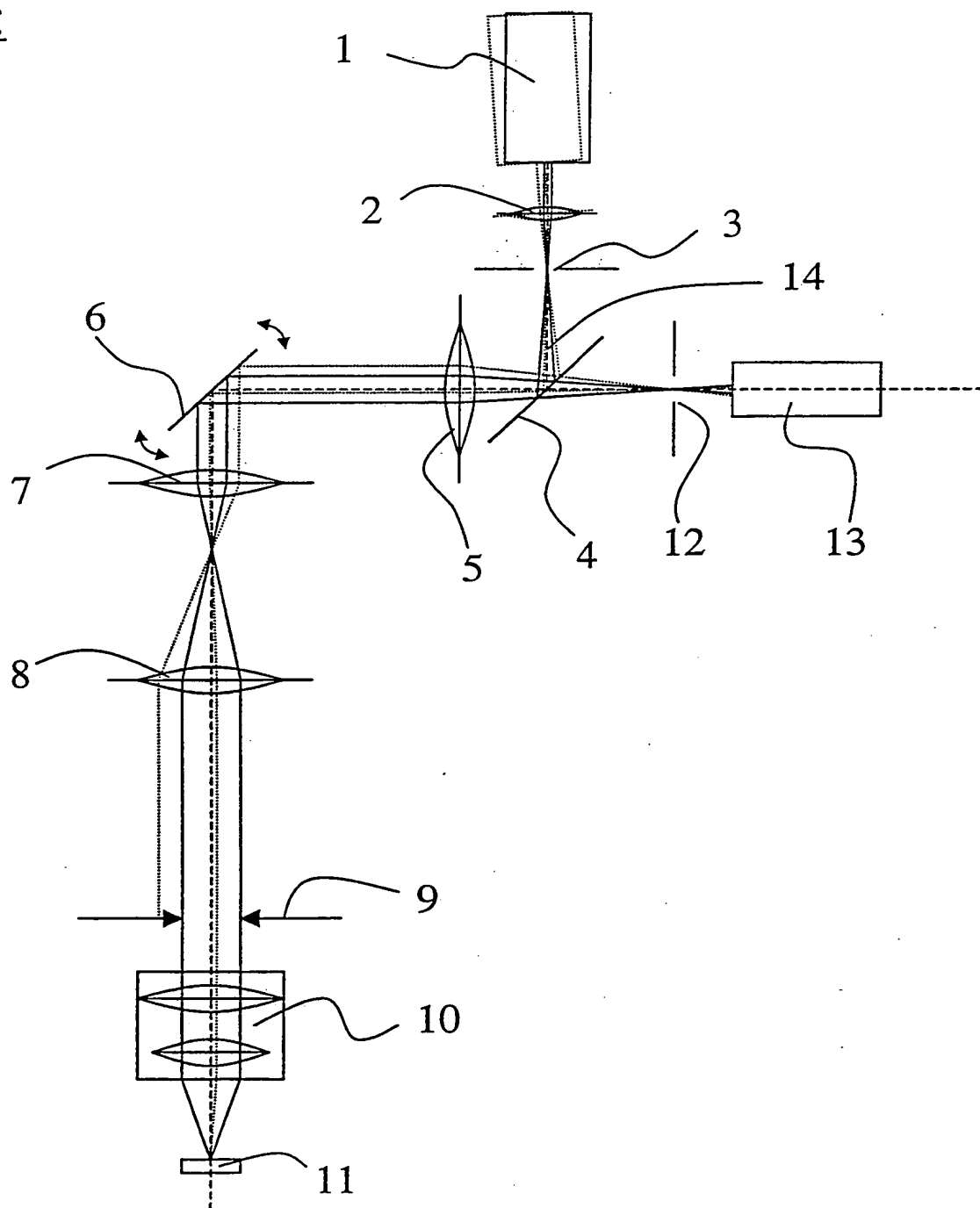


Fig. 4:

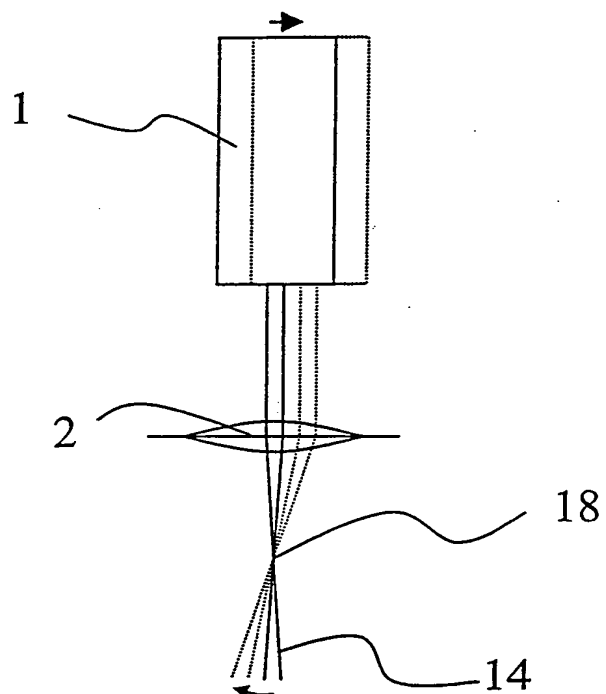


Fig. 5:

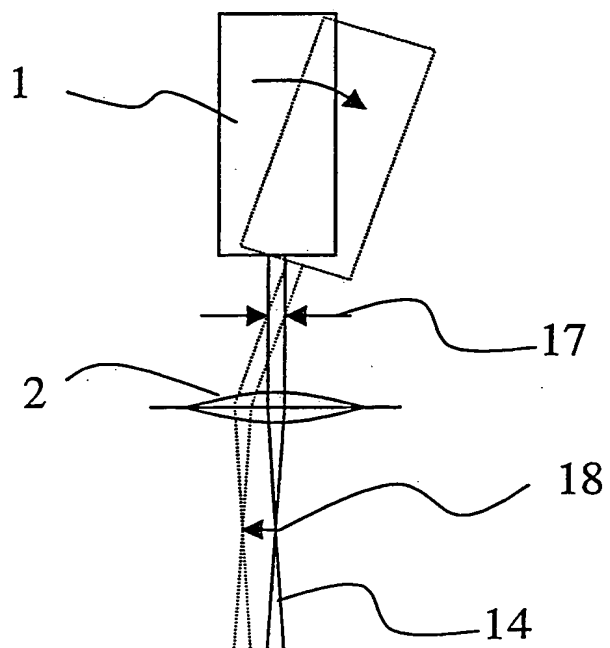


Fig. 6:

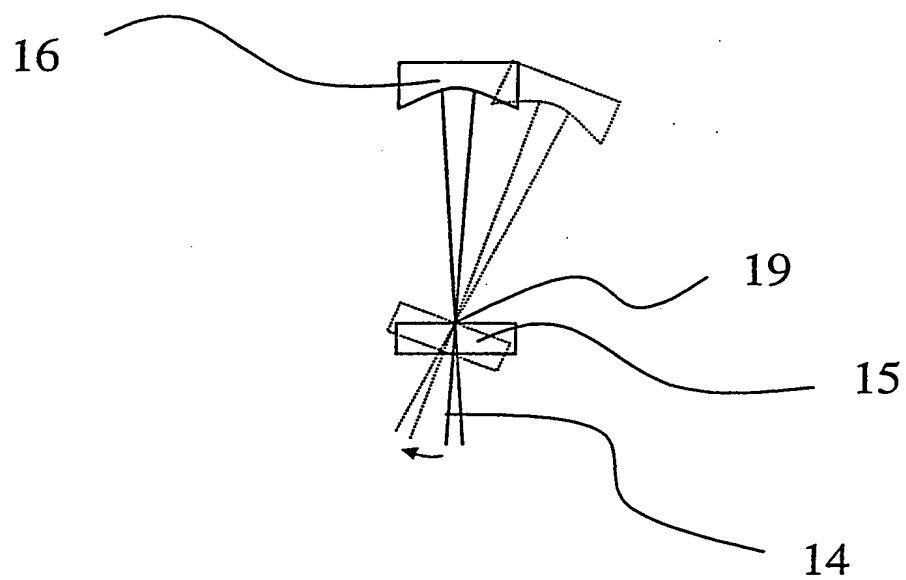
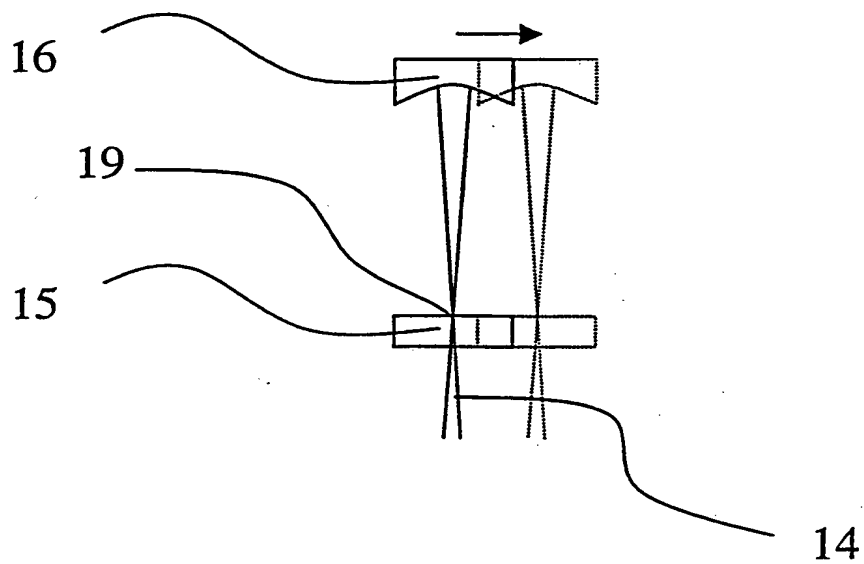


Fig. 7:



Zusammenfassung

Ein Verfahren zur Justierung des optischen Strahlengangs eines Mikroskops, insbesondere eines konfokalen Mikroskops, mit einer Lichtquelle (1), einer Mikroskopoptik, einer Detektionsblende (12) und einer Detektionseinrichtung (13), ist im Hinblick auf ein vereinfachtes Justieren mit reduzierten Service- und Wartungskosten derart ausgestaltet, daß die Detektionsblende (12) als optische Referenz verwendet wird. Des weiteren ist ein Mikroskop-Aufbau mit einer Lichtquelle (1), einer Mikroskopoptik, einer Detektionsblende (12) und einer Detektionseinrichtung (13) bereitgestellt, bei dem die Detektionsblende (12) als optische Referenz verwendbar ist.

(Fig. 1)

